

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-083686

(43)Date of publication of application : 26.03.1999

(51)Int.Cl.

G01M 19/00
G01R 31/00
G01R 31/34

(21)Application number : 09-236296

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 01.09.1997

(72)Inventor : NAKAJIMA SATOSHI

(54) METHOD AND DEVICE FOR DIAGNOSING ABNORMALITY IN MACHINE INSTALLATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately diagnose abnormality in machine installation by performing the spectral analysis of the load current signal of an electronic motor, and comparing a calculated diagnosis parameter with a criterion value being set to each machine installation to be diagnosed in advance.

SOLUTION: A load current I of an electric motor 14 is detected by a current detector 18, and a load current signal (I) is converted to a voltage signal V by a current-voltage converter 19 and is converted to a digital signal VD by an A/D converter 20. Based on the signal Vd , the frequency spectrum of the load current I is obtained by fast Fourier Transform at a spectrum analysis part 22 of a comparator 21. Then, an average order n_{ave} or a dispersion order n_{var} of the power supply frequency of the electric motor is calculated as a diagnosis parameter based on a current spectrum SP at a diagnosis parameter calculation part 23. Then, the ratio of the value itself of the diagnosis parameter being calculated at a failure judgment part 24 to the diagnosis parameter when the same facility is normal is compared with a criterion value C . When the value is larger than the criterion value C , it is judged that a machine facility 11 is abnormal.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-83686

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	P I	
G 0 1 M 19/00		G 0 1 M 19/00	A
G 0 1 R 31/00		G 0 1 R 31/00	
31/34		31/34	A

(21) 出願番号	特願平9-236296	(71) 出願人	000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町 2丁目6番3号
(22) 出願日	平成9年(1997) 9月1日	(72) 発明者	中嶋 智 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式 会社技術開発本部内
		(74) 代理人	弁理士 矢野 知之 (外1名)

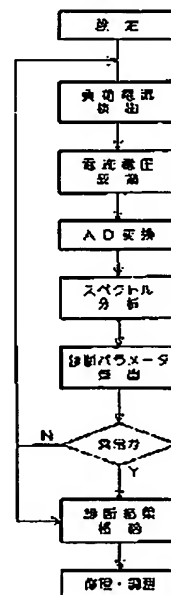
審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(54) 【発明の名称】 機械設備の異常診断方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 過負荷など機械設備の異常を電動機の電流を利用して精度良く診断する方法および装置を提供する。

【解決手段】 電動機の負荷電流信号のスペクトル分析を行い、スペクトル分析結果から機械設備の異常を識別する診断パラメータを算出し、算出した診断パラメータと診断対象機械設備毎に予め設定した判定基準値とを比較し、算出した診断パラメータが判定基準値より大きい場合に機械設備が異常であると判定する。



(2)

特開平 11-83686

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 機械設備を駆動する電動機の負荷電流信号を利用して機械設備の異常診断を行う方法において、電動機の負荷電流信号のスペクトル分析を行い、スペクトル分析結果から機械設備の異常を識別する診断パラメータを算出し、算出した診断パラメータと診断対象機械設備毎に予め設定した判定基準値とを比較し、算出した診断パラメータが判定基準値より大きい場合に、機械設備が異常であると判定することを特徴とする機械設備の異常診断方法。

【請求項 2】 前記診断パラメータとして、電動機の電源周波数およびその高調波スペクトルの平均次数または分散次数を用いることを特徴とする請求項 1 記載の機械設備の異常診断方法。

【請求項 3】 機械設備を駆動する電動機の負荷電流信号を利用して機械設備の異常診断を行う装置において、電動機の負荷電流を検出する電流検出器と、検出した負荷電流信号を電圧に変換する変換器と、電圧のアナログ信号をデジタル信号に変換する A/D 変換器と、デジタル信号に変換された負荷電流データの周波数分析を行うスペクトル分析部と、スペクトル分析結果から機械設備の異常を識別する診断パラメータを算出する診断パラメータ算出部と、診断対象機械設備毎に予め設定した判定基準値を格納した判定基準格納部と、診断パラメータ算出部で算出した診断パラメータと判定基準格納部に格納してある当該機械設備の判定基準値とを比較し、算出した診断パラメータが判定基準値より大きい場合に、機械設備が異常であると判定する異常判定部と、診断結果を表示する診断結果表示部と、診断結果を対象機械設備毎に格納する診断結果格納部とからなることを特徴とする機械設備の異常診断装置。

【請求項 4】 前記診断パラメータ算出部で算出する診断パラメータが、電動機の電源周波数およびその高調波スペクトルの平均次数または分散次数であることを特徴とする請求項 3 記載の機械設備の異常診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転機械に代表される機械設備の異常を電動機の負荷電流信号を利用して診断する方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】ブロワやポンプ、ベルトコンベヤ駆動装置などの回転機械に代表される機械設備の異常診断は、診断精度が高いという理由から、現在では測定パラメータとして振動を利用した方法および装置が主に用いられている。しかし、振動センサの価格や信号ケーブルの配線工事費が高い等実用上の欠点が従来から指摘されている。これらの欠点を補うため、診断精度は振動に比べて劣るが、振動より安価な診断方法および装置を提供するという目的で、機械設備を駆動する電動機の負荷電流を

利用して機械設備の異常診断を行うこともできる。

【0003】従来から、負荷電流を利用した機械設備の異常診断方法は行なわれており、例えば特開昭 52-143856 号公報あるいは特開平 2-52234 号公報に開示されている。これらの方法では、機械設備運転中の電動機の負荷電流を測定して、その負荷電流の絶対値が判定基準値を超えたときに機械設備が異常であると診断している。

【0004】

10 【発明が解決しようとする課題】しかし前記従来の方法においては、設備異常の程度がかなり大きくならなければ電流値の変化が大きくなり、異常の末期でなければ診断ができないという欠点があった。これは、測定パラメータとして振動を利用した診断に比べて大きなハンデであった。

【0005】本発明の目的は、過負荷など機械設備の異常を電動機の負荷電流を利用して精度良く、診断できる方法およびその装置を提供することである。

【0006】

20 【課題を解決するための手段】本発明の機械設備の異常診断方法は、電動機の負荷電流信号のスペクトル分析を行い、スペクトル分析結果から機械設備の異常を識別する診断パラメータを算出し、算出した診断パラメータと診断対象機械設備毎に予め設定した判定基準値とを比較し、算出した診断パラメータが判定基準値より大きい場合に、機械設備が異常であると判定することを特徴としている。

30 【0007】また、本発明の機械設備の異常診断装置は、電動機の負荷電流を検出する電流検出器と、検出した負荷電流信号を電圧に変換する変換器と、電圧のアナログ信号をデジタル信号に変換する A/D 変換器と、デジタル信号に変換された負荷電流データの周波数分析を行うスペクトル分析部と、スペクトル分析結果から機械設備の異常を識別する診断パラメータを算出する診断パラメータ算出部と、診断対象機械設備毎に予め設定した判定基準値を格納した判定基準格納部と、診断パラメータ算出部で算出した診断パラメータと判定基準格納部に格納してある当該機械設備の判定基準値とを比較し、算出した診断パラメータが判定基準値より大きい場合に、機械設備が異常であると判定する異常判定部と、診断結果を表示する診断結果表示部と、診断結果を対象機械設備毎に格納する診断結果格納部とからなることを特徴としている。

40 【0008】上記本発明の機械設備の異常診断方法およびその装置において、診断パラメータとして、電動機の電源周波数およびその高調波スペクトルの平均次数または分散次数を用いることができる。

50 【0009】回転機械に代表される機械設備を駆動している電動機の電流を観察すると、負荷電流信号の変動の中に電動機の電源周波数 f 、(固定周波数駆動電動機で

(3)

特開平11-83686

3

あれば50Hzあるいは60Hz、可変周波数駆動電動機であれば設定器で設定された周波数)およびその高調波 nf 。 $(n=2, 3, \dots)$ 成分が含まれる(以下、 f と nf とを合わせて nf 。 $(n=1, 2, 3, \dots)$ とする)。

【0010】例えば、機械設備の回転がスムーズで負荷が小さい、つまり設備が正常の場合には、負荷電流の周波数スペクトル(以下、電流スペクトルという)は図3に示すように、電動機の nf 、成分のうち比較的低次の成分の割合が大きい。なお、図3および後述の図4にお

いて、電動機の回転数は600rpmであり、したがって $f=10$ Hzとなる。
【0011】一方、伝動軸系のアライメント不良、軸受の潤滑不良、異物のかみ込みその他の原因で負荷が大きくなった、すなわち機械設備が異常になった場合には、電流スペクトルは図4に示すように、 nf 、成分のうち高次成分の割合が正常時に比べて相対的に大きくなる。したがって、電流スペクトル分析を行い、電流スペクトルの nf 、成分中の低次成分と高次成分のバランスあるいは大小比較を行うことにより、過負荷による機械設備

の異常診断を行うことができる。
【0012】上記のように、機械設備が異常になった場合、電動機の電流スペクトル密度分布は、低次成分に対する高次成分の割合が正常時に比べて相対的に大きくなる。この機械設備の異常による電流スペクトル密度分布の変化は、負荷電流の大きさの変化に比べて大きい。このために、本発明では機械設備の異常を高い精度で、早期に検出することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】図2は、本発明の機械設備の異常診断装置の実施の形態を示している。異常診断対象の機械設備11は、プロア、ポンプ等の回転機械12に伝動装置13を介して交流電動機14が接続されている。電動機14は、電力線16により電源15に接続されている。電動機14の負荷電流 i を検出する電流検出器18が電力線16に近接して配置されている。電流検出器18として、例えば検流器(C.T: Current Transducer)が用いられる。電流検出器18は、電流-電圧変換器19およびA/D変換器20を介してコンピュータ21に接続されている。電流-電圧変換器19は、以降の

処理が容易になるように、検出した負荷電流信号 i を電*

$$n_{ave} = \sum (n \cdot S(n)) / \sum S(n)$$

式(1)において、 n は電源周波数あるいはその高調波の次数(f を1次、 $2f$ を2次、 \dots とする)、 $S(n)$ は各次数 n におけるスペクトル値である。 \sum をとる上限の次数は電動機の回転数や電流測定装置の測定*

$$n_{std} = \sum (n^2 \cdot S(n)) / \sum S(n)$$

式(2)において、その他は式(1)と同様である。

【0017】電動機電源周波数の平均次数 n_{ave} または分散次数 n_{std} が求まると、異常判定部24で算出した

4

* 圧信号 v に変換する。A/D変換器20は、ここまでのアナログ信号 v をデジタル信号 v に変換する。したがって、これ以降の処理はデジタル信号処理となる。

【0014】コンピュータ21は、スペクトル分析部22、診断パラメータ算出部23、異常判定部24、判定基準格納部25、診断結果格納部26、および診断結果表示部27を備えている。スペクトル分析部22は、デジタル化された電流データについてFFT(高速フーリエ変換)などの手段により周波数分析を行い電流スペクトルSPを求める。診断パラメータ算出部23は、スペクトル分析の結果得られた nf 、成分の電流スペクトル値に基づいて、診断パラメータとして平均次数 n_{ave} 、あるいは分散次数 n_{std} などを算出する。異常判定部24は、診断パラメータ n_{ave} 、 n_{std} などと判断基準値Cと比較し、機械設備11が異常かどうかを判定する。判定基準格納部25は、上記異常判定部24で用いられる判断基準値Cを格納している。判断基準値Cは機械設備11毎にあらかじめ設定され、判定基準格納部25に格納される。診断結果表示部27はCRTモニターなどとなり、機械設備毎11に診断結果Rを表示する。

【0015】図1および図2を参照して、上記異常診断装置による機械設備の異常診断方法を説明する。診断開始前に、スペクトル分析プログラム、診断パラメータ算出プログラム、判定基準値Cなどをコンピュータ21にあらかじめ格納しておく。ついで、一定回転数で稼働(回転)している電動機14の負荷電流 i を電流検出器18で検出し、検出した負荷電流信号 i を電流-電圧変換器19により電圧信号 v に変換する。電圧信号 v は、A/D変換器でデジタル信号 v に変換される。A/D変換におけるサンプリングは、負荷電流 i の変化を高精度で復元するために、電流検出器18や電流-電圧変換器19の測定可能周波数の2倍程度のサンプリング周波数により行う。デジタル化された電圧信号 v に基づき、コンピュータ21のスペクトル分析部22で、高速フーリエ変換により負荷電流 i の周波数スペクトルを求める。

【0016】次に、診断パラメータ算出部23において、電流スペクトルSPに基づいて診断パラメータとして、電動機電源周波数 nf の平均次数 n_{ave} または分散次数 n_{std} を算出する。平均次数 n_{ave} は、次の式(1)で求める。

$$(1)$$

* 可能周波数にも依存するが、10次から20次、周波数では100Hzから500Hz程度が望ましい。また、分散次数 n_{std} は次の式(2)により算出する。

$$(2)$$

診断パラメータの値そのもの(n_{ave} または n_{std})、あるいは算出した診断パラメータと同一設備の正常時における診断パラメータとの比が、診断対象機械設備毎に

5

予め設定された判定基準値Cと比較される。そして、これら診断パラメータまたはパラメータ比が判定基準値Cより大きい判定された機械設備11は、異常と判定される。また、診断結果Rは、診断結果表示部27に表示される。

【0018】診断結果Rは、診断対象機械設備毎に診断結果格納部26に保存される。機械設備11が異常と判定された機械設備11は停止され、修理または調整が行われる。また、コンピュータ21に蓄積された診断結果Rは、定期点検、部品交換などに利用される。

【0019】なお、異常診断は、機械設備運転中に連続的に、または一定期間（例えば、数十分～数時間）毎に間欠的に行われる。また、上記実施の形態では、スペクトル分析はコンピュータで行っていたが、コンピュータとは独立したスペクトル分析器で行ってもよい。この場合、スペクトル分析器は電流-電圧変換器19とコンピュータ21との間に設けられ、電圧信号VのA/D変換はスペクトル分析器で行われる。

【0020】

【実施例】

〈実施例1〉Vベルトおよび減速機を経由してプロワを駆動しているACサーボ電動機の電流を、正常時とベルト張力過多で過負荷状態になった異常時との場合についてそれぞれ測定した。図5は、負荷電流信号を分析したそれぞれの電流スペクトルのn f。成分について、式

(1)に示した電動機電源周波数の平均次数を算出し、同一測定条件毎の正常時と異常時との比をプロットしたグラフである。図5には電動機の回転数、およびプロワのダンパ開度により調整したベース負荷をそれぞれ3段階ずつ変えた場合のデータをプロットしている。またこのグラフには、3段階のベース負荷について、従来法による診断パラメータである正常時と異常時との電流の絶対値の比を水平線で示している。本発明および従来法によるこのプロワの場合の判定基準値は1.15であり、本発明による診断パラメータは、いずれの回転数およびいずれのベース負荷においても、正しく異常判定を行うことができる。これに対し、従来法による診断パラメータでは、正常時に負荷が大きい場合には異常判定ができない。

【0021】この図5から、本発明による診断パラメータを用いることにより、機械設備の異常を従来法よりも精度よく診断できることがわかる。

【0022】（実施例2）図6は、図5と同一設備の電動機の電流スペクトルのn f。成分について、式(2)に示した電動機電源周波数の分散次数を算出し、同一測定条件毎の正常時と異常時の比をプロットしたグラフである。図6では図5と同様、電動機の回転数、およびプロワのダンパ開度により調整したベース負荷をそれぞれ3段階ずつ変えた場合のデータをプロットしている。またこのグラフには、3段階のベース負荷について、従来

(4)

特開平11-83686

6

法による診断パラメータである正常時と異常時の電流の絶対値の比を水平線で示している。この診断パラメータについては、本発明および従来法によるこのプロワの場合の判定基準値は1.2であり、本発明によれば、いずれの回転数、およびいずれのベース負荷においても、正しく異常判定を行うことができる。これに対し従来法では、いずれの場合にも異常判定ができない。

【0023】この図6からも、本発明は、機械設備の異常を従来法より精度よく診断できることがわかる。

19 【0024】

【発明の効果】以上の説明から明かなように本発明によれば、電動機電流のスペクトル分析を行うことにより、過負荷など機械設備の異常を精度良く、早期に診断することができる。これにより、振動を利用した従来法に比べて少ない費用で、しかも従来法に近い診断精度レベルで診断を行うことができ、機械設備診断の普及を大きく促進することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の機械設備の異常診断方法のステップを示すフローチャートである。

【図2】本発明の機械設備の異常診断装置の1形態を示すブロック図である。

【図3】設備正常時の電動機の電流スペクトルの一例を示すグラフである。

【図4】設備異常時の電動機の電流スペクトルの一例を示すグラフである。

【図5】本発明による診断パラメータ（平均次数）と従来法による診断パラメータの比較を示すグラフである。

【図6】本発明による診断パラメータ（分散次数）と従来法による診断パラメータの比較を示すグラフである。

【符号の説明】

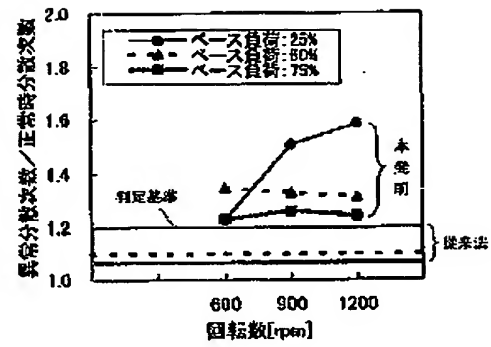
- 11 機械設備
- 12 回転機械
- 13 伝動装置
- 14 交流電動機
- 15 電源
- 16 電力線
- 18 電流検出器
- 19 電流-電圧変換器
- 20 A/D変換器
- 21 コンピュータ
- 22 スペクトル分析部
- 23 診断パラメータ算出部
- 24 異常判定部
- 25 判定基準格納部
- 26 診断結果格納部
- 27 診断結果表示部
- f。 電源周波数
- n f。 高調波周波数
- i 負荷電流信号

50

(5)

特開平 1 1 - 8 3 6 8 6

【図 6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.